

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-122410

(P2002-122410A)

(43)公開日 平成14年4月26日(2002.4.26)

(51)Int.Cl.

G 01 B 7/14

識別記号

F I

G 01 B 7/14

テマコード(参考)

Z 2 F 0 6 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-289984(P2000-289984)

(22)出願日 平成12年9月25日(2000.9.25)

(71)出願人 500445594

ピーアイシーシージェネラル バイロテナ
ックス ケーブルズ リミテッド
英国 エヌイー31 1エックスアール、タ
イン アンド ウエアー、ヘバーン、ヘジ
リー ロード

(71)出願人 390007744

山里産業株式会社
大阪府大阪市西区江戸堀1丁目26番15号

(74)代理人 100074561

弁理士 柳野 隆生

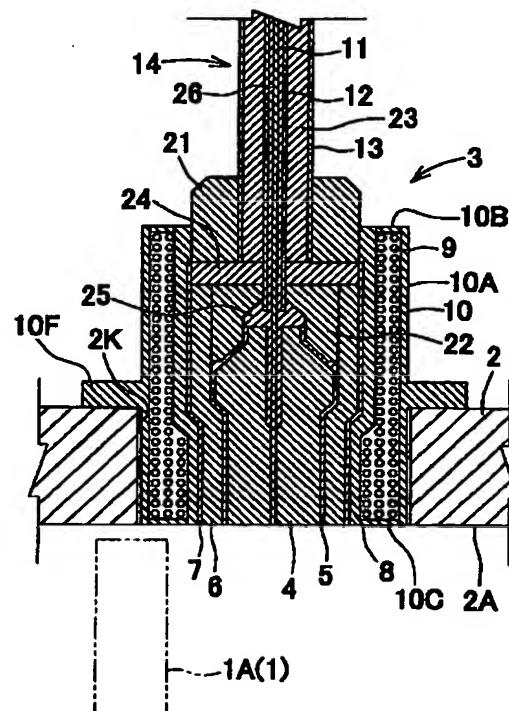
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 静電容量型プローブ

(57)【要約】

【課題】 濡氣による影響のない安定した計測が行える静電容量型プローブを提供する点にある。

【解決手段】 径方向外側に位置する外筒8と、径方向中間に位置するガード部材6と、径方向内側に位置する電極4と、外筒8とガード部材6、ガード部材6と電極4の間それぞれに絶縁材料にて形成した絶縁層5, 7とからなる静電容量型プローブにおいて、絶縁層5, 7を加熱する加熱手段9を設けたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 径方向外側に位置する外筒と、径方向中間に位置するガード部材と、径方向内側に位置する電極と、前記外筒とガード部材の間及び前記ガード部材と電極の間に絶縁材料にて形成した絶縁層とからなり、ケーシングの壁面とブレード等の不連続な外面を有する回転体の距離を計測する又はディスクやシャフト等の連続した外面を有する回転体の外面からの距離を計測するための静電容量型プローブにおいて、前記絶縁層を加熱する加熱手段を設けたことを特徴とする静電容量型プローブ。

【請求項2】 前記加熱手段が、前記外筒の外面に巻き付けたヒータ線でなる請求項1記載の静電容量型プローブ。

【請求項3】 前記静電容量型プローブを流体が通過するケーシングの壁面に設け、前記ヒータ線を前記外筒の外面のうち、該ケーシングの外方側の一部分にのみ巻き付けてなる請求項1又は2記載の静電容量型プローブ。

【請求項4】 前記加熱手段が、ヒータ線とこのヒータ線を収容する支持部材とからなり、前記支持部材を介して該加熱手段を装着してなる請求項1の静電容量型プローブ。

【請求項5】 前記回転体の非回転時に前記加熱手段を作動状態とし、前記回転体の回転開始から設定時間経過後に前記加熱手段を作動状態から非作動状態に切り替える切り替え手段を設けてなる請求項1～4のいずれかに記載の静電容量型プローブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コンプレッサー、蒸気タービン、ガスタービン、ジェットエンジン等の制御用又は監視用として主として用いられるクリアランス計測用の静電容量型プローブに関する。

【0002】

【従来の技術】上記静電容量型プローブとしては、例えば図7に示すものが一般的である。図のものはガスタービン内に設けられる回転体1を構成するブレード1Aとケーシング2との間の隙間(クリアランス)を計測するために、ケーシング2に形成の貫通孔2Kに電極4の表面がケーシング2の内部空間に露呈された状態で円柱状の静電容量型プローブ3を取り付けている。そして、前記静電容量型プローブ3は、径方向外側に位置する外筒8と、径方向中間に位置するガード部材6と、径方向内側に位置する電極4と、前記外筒8とガード部材6の間及び前記ガード部材6と電極4の間に絶縁材料にて形成した絶縁層5、7とからなり、静電容量型プローブ3とブレード1Aとの間の流体(燃焼ガス)の静電容量が両者の距離により変化する現象を検出するように構成しており、システムとして静電容量の変化を電圧に変換することで前記クリアランスを計測することができる。尚、

前記外筒8の長手方向ほぼ中央部の外面にケーシング2の外面に接当させるためのフランジ部8Fを突出形成している。図7に示す11は、前記電極4に接続された電極用信号線であり、12は、前記ガード部材6に接続されたガード部材用信号線であり、13は、前記外筒8に接続されたアース線であり、これら3つの線が一体化された3重同軸ケーブル14を構成している。又、図7に示す21は、前記外筒8と前記アース線13とを接続するための中継用の金属製リング部材であり、22は、前記ガード部材6と前記ガード部材用信号線12とを接続するための中継用の金属製連結部材であり、23は、前記ガード部材用信号線12とアース線13とを絶縁するための絶縁層であり、24は、前記アース線13及びリング部材21と前記連結部材22及びガード部材6とを絶縁するための絶縁層であり、25は、前記電極4と連結部材22とを絶縁するための絶縁層であり、26は、前記電極用信号線11とガード部材用信号線12とを絶縁するための絶縁層である。

【0003】

【0003】 【発明が解決しようとする課題】上記構成の静電容量型プローブ3は、高温高圧の流体(燃焼ガス)に耐え得ることができるように、前記絶縁層5、7を構成する絶縁材料が耐熱性を有する多孔質材料(多くの孔を備えたもの)で構成されていたため、次のような不都合があった。つまり、高湿度となる季節において、ブレード1A側が開放された構造の静電容量型プローブ3の先端から前記絶縁層5、7内に湿気が侵入して、静電容量型プローブ3の絶縁抵抗が低下してしまうため、この状態でガスタービンを運転しても直ちに静電容量型プローブ3による計測を行うことができない不都合が発生していた。因みに、前記ガスタービンを運転して、ケーシング内が高温になり、静電容量型プローブ3の絶縁抵抗が回復するまでの時間は数分間はあるが、特にガスタービンの起動(立ち上がり)時の時期(前記クリアランスの大きさの変化が大きい時期)に前記計測を行うことが重要視されており、早期改善が要望されていた。

【0004】 本発明が前述の状況に鑑み、解決しようとするところは、湿気による影響を受けない安定した計測が行える静電容量型プローブを提供する点にある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、前述の課題解決のために、径方向外側に位置する外筒と、径方向中間に位置するガード部材と、径方向内側に位置する電極と、前記外筒とガード部材の間及び前記ガード部材と電極の間に絶縁材料にて形成した絶縁層とからなり、ケーシングの壁面とブレード等の不連続な外面を有する回転体の距離を計測する又はディスクやシャフト等の連続した外面を有する回転体の外面からの距離を計測するための静電容量型プローブにおいて、前記絶縁層を加熱する加熱手段を設けて、静電容量型プローブを構成した。上

記のように絶縁層を加熱手段により加熱することによって、絶縁層に侵入しようとする湿気が絶縁層に入り込むことを防止することができる、又は、絶縁層に入り込んだとしても、直ちに除去することができ、絶縁抵抗が湿気により低下することを確実に回避することができる。前記静電容量型プローブは、ケーシングの壁面とブレード等の不連続な外面を有する回転体の距離を計測することができる他、ディスクやシャフト等の連続した外面を有する回転体の外面からの距離を計測することができる。

【0006】前記加熱手段を、前記外筒の外面に巻き付けたヒータ線で構成することによって、既存の静電容量型プローブに何ら改良を加えることなく、ヒータ線を装着することができる。又、ヒータ線の電源周波数が50Hz又は60Hz(ヘルツ)であるのに対して、静電容量型プローブを用いた計測システムで使用するFMの搬送周波数の場合には2MHz(メガヘルツ)以上であり、又AM搬送周波数の場合には1kHz(キロヘルツ)以上であることから、両者の周波数が大きく異なり、ヒータ線を設けても、静電容量型プローブを用いた計測システムの計測機能に何ら影響を与えないである。

【0007】前記静電容量型プローブを流体が通過するケーシングの壁面に設け、前記ヒータ線を前記外筒の外面のうちの該ケーシングの外方側の一部分にのみ巻き付けている。上記のように静電容量型プローブを流体が通過するケーシングに設けた場合には、ヒータ線を外筒の外面のうちのケーシングの外方側の一部分にのみ巻き付けても、巻数を増やす等の変更を行うことによって、ケーシングの外方側の全体にヒータ線を巻き付けた場合と同程度の加熱効果を上げることができる。

【0008】前記加熱手段が、ヒータ線とこのヒータ線を収容する支持部材とからなり、前記支持部材を介して該加熱手段を装着することによって、ヒータ線の交換を行う場合に、支持部材を静電容量型プローブに対して着脱するだけよい。

【0009】前記回転体の非回転時に前記加熱手段を作動状態とし、前記回転体の回転開始から設定時間経過後に前記加熱手段を作動状態から非作動状態に切り替える切り替え手段を設けることによって、常に加熱手段を作動状態にしておくものに比べてランニングコストの低減化及び加熱手段の長寿命化を図ることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】図1に示すように、ガスターピン内の回転体1とケーシング2のクリアランス(隙間)を計測するための円柱状(角柱や多角形等、どのような形状でもよい)の静電容量型プローブ3の4個を、該ケーシング2の周方向に同一間隔を置いて取り付けてあり、これら4個の静電容量型プローブ3からの検出情報に基づいてガスターピンの制御や監視に利用できるように構

成している。ここでは、ガスターピンで使用する静電容量型プローブ3について説明するが、ジェットエンジンなどの高温条件下で使用してもよい。又、燃焼ガスの静電容量を検出するようにしたが、結露した水分を含まない空気あるいは各種の燃焼ガス等の気体の他、潤滑油等の液体等を含む流体の静電容量を検出するようにしてもよい。又、前記静電容量型プローブ3を4個設けたが、1個又は2個又は3個又は5個以上設けて実施してもよい。

10 【0011】前記回転体1は、回転軸1Bに多数のブレード(翼)1Aが取り付けられて構成されている。又、前記各ブレード1Aは、その外周縁とケーシング2のクリアランスが回転方向で異なると共に、羽根1Aと羽根1Aとが回転方向で所定間隔を置いて取り付けられている。このようにケーシング2の壁面(内面)2Aとブレード1等の不連続な外面を有する回転体の距離を計測する他、図示していないが、ディスクやシャフト等の連続した外面を有する回転体の外面と静電容量型プローブの距離を計測するために使用してもよい。

20 【0012】前記静電容量型プローブ3は、図2に示すように、前記ケーシング2に形成された貫通孔2Kに挿入し、その先端面(検出面)がケーシング2の内面2Aと面一状になる位置で固定している。前記静電容量型プローブ3をその先端面をケーシング2の内面2Aと面一状に配置することによって、面一状に配置しない場合に内面2Aからの距離をクリアランス検出時に補正量として演算することが不要になる利点があるが、面一状に配置しなくともよい。

30 【0013】前記静電容量型プローブ3について詳述すれば、径方向内側に位置する耐熱合金(耐熱温度ほぼ1300°C)でなる電極4と、この電極4の外側にポーラスな(多孔質の)絶縁材料にて形成した絶縁層5を介して配置され、かつ、前記と同様な耐熱合金(耐熱温度ほぼ1300°C)でなるガード部材6と、このガード部材6の外側に前記と同様な絶縁材料にて形成した絶縁層7を介して配置され、かつ、前記と同様に耐熱合金(耐熱温度ほぼ1300°C)でなる外筒8と、この外筒8の外側に巻き付けて前記絶縁層5、7を加熱するための加熱手段を構成するヒータ線(電極4の検出表面温度が100°C以上に加熱できる能力を有するもの)9と、このヒータ線9の外側に該ヒータ線9を覆うための前記と同様に耐熱合金(耐熱温度ほぼ1300°C)でなるカバ一体10とを主要構成部材として、前記静電容量型プローブ3を構成している。前記カバ一体10は、貫通孔2Kの直径方向外側に位置する円筒状の筒部10Aと、この筒部10Aの両端と前記外筒8の両端との間を閉じるためのリング状で板状の2つの蓋部10B、10Cとから構成している。尚、前記筒部10Aの長手方向ほぼ中央部の外面にケーシング2の外面に接当させるためのフランジ部10Fを突出形成している。図2に示す11は、前

記電極4に接続された電極用信号線であり、12は、前記ガード部材6に接続されたガード部材用信号線であり、13は、前記外筒8に接続されたアース線であり、これら3つの線が一体化された3重同軸ケーブル14を構成している。又、図2に示す21は、前記外筒8と前記アース線13とを接続するための中継用の金属製リング部材であり、22は、前記ガード部材6と前記ガード部材用信号線12とを接続するための中継用の金属製連結部材であり、23は、前記ガード部材用信号線12とアース線13とを絶縁するための絶縁層であり、24は、前記アース線13及びリング部材21と前記連結部材22及びガード部材6とを絶縁するための絶縁層であり、25は、前記電極4と連結部材22とを絶縁するための絶縁層であり、26は、前記電極用信号線11とガード部材用信号線12とを絶縁するための絶縁層である。そして、ブレード1Aが静電容量型プローブ3を通過することにより両者間の静電容量が変化し、その変化を静電容量型プローブ3が検出する。前記静電容量変化は、システム構成機器により電圧に変換され、クリアランスに対応した電圧を記録する校正作業を行う。その校正されたデータを使用することにより、オンラインで物理量の単位(mm)に変換されるようにしている。前記のように耐熱性材料で静電容量型プローブ3を構成すること、あるいはシステム構成機器によって、温度変化(1300°Cくらいまで可能)は勿論のこと、振動やノイズにも影響されることがなく、計測することができるようになっている。

【0014】前記絶縁層5、7、23~26を構成する絶縁材料としては、一般的に、金属または半金属(メタロイド)の酸化物及び窒化物、もしくはこれらの酸化物または窒化物の混合物、あるいはその他の酸化物または窒化物の混合物、あるいはその他の酸化物または窒化物の混合物などが挙げられるが、これら以外のものでもよい。

【0015】前記加熱手段として、例えばニッケル・クロム合金(材質はこれら以外のものでもよい)でなるヒータ線(ニクロム線)9に電気を流して発熱させるコイル状の発熱体(加熱体)を用いているが、シート状に形成された発熱体(加熱体)を用いる他、パイプ内に蒸気を循環させる構成のものや誘導加熱を利用するもの等、加熱手段としての具体的構成は、これらのものに限定されるものでない。又、前記ヒータ線9を外筒8の全面に巻き付けたが、図3に示すように、外筒8の外面のうち、ケーシング2の一部分、つまりケーシング2から外部にはみ出した部分にのみ巻き付けて実施してもよい。又、図3で示すように、前記外筒8にフランジ部8Fを突出形成することによって、図2で示した一方の蓋部10Cをフランジ部8Fにて兼用構成することができる利点がある。又、図2で示したヒータ線9と同一材料で同一太さ(直径)のものを用いる場合には、巻数を図2の

巻数よりも増大させてほぼ図2と巻き付け長さを同一にすることによって、図2とほぼ同等の発熱量を得ることができる。尚、前記外筒8やガード部材6を熱伝導率の高い材料で構成することによって、前記発熱量の差を可及的に小さくすることができる。又、前記ヒータ線9により外筒8を加熱することにより、絶縁層7、ガード部材6、絶縁層5の順に熱が伝達される構成としているが、絶縁層5、7のみを直接加熱するように構成してもよい。図3で示した他の構成は、図2のものと同一であるため、同一の符号を付すと共に、説明を省略する。

【0016】又、前記加熱手段としてのヒータ線9を前記外筒8に直接巻き付けて構成するようにしたが、図4に示すように、別体形成された支持部材27にヒータ線9を巻き付けて加熱手段を構成し、ヒータ線9が巻き付けられた支持部材27(図に2点鎖線で示す)を静電容量型プローブ3に溶着又ははめ込み等により装着するようにもよい。具体的には、外筒8の長手方向ほぼ中央部にフランジ部8Fを形成すると共に、図においてフランジ部8Fの上面側に前記支持部材27をはめ込むことができる収納部空間を形成するための環状部8Aを形成している。そして、蓋部を形成するリング状の水平部27Aとこの水平部27の内周縁から下方に垂下した縦姿勢の筒状部27Bとからなる前記支持部材27を前記収納部空間にはめ込むのである。又、図5に示すように、外筒8の外面にヒータ線9が巻き付けられた支持部材27をはめ込むようにしてもよい。前記支持部材27は、外方側が開放され、かつ、環状のヒータ線収納部を備えた支持部本体27Cと、この支持部本体27Cの外側開口を閉じるための円筒状部27Dとからなっている。尚、図4及び図5で示した他の構成は、図2のものと形状が異なるものもあるが、機能的に同一のものであるため、同一の符号を付すと共に、説明を省略する。

【0017】前記静電容量型プローブ3からの出力信号(出力電圧)に基づいてクリアランスを計測するFM変調静電容量方式クリアランス測定システムを図6に示している。つまり、前記静電容量型プローブ3と前記3重同軸ケーブル14、測定場所に設置する発信器15、遠隔地に設置する復調器16、スピードモジュール17、信号処理モジュール18から前記システムを構成しているが、図に示される構成以外にAM変調方式の機器によりシステムを構成してもよい。

【0018】前記発信器15が、前記3重同軸ケーブル14を通して静電容量型プローブ3に発信電圧を供給する。この状態で前記ブレード1Aが静電容量型プローブ3の先端を通過することにより、両者間で変化する静電容量を検知し、その変化に対応して発信回路の搬送波を変調する。そして、この周波数変調された搬送波の中から、周波数の変化分を前記復調器16により復調させる。前記周波数の変化分は、周波数-D Cコンバータ回路により電圧信号に変換される。従って、復調器16の

出力電圧は、静電容量型プローブ3とブレード1A間の静電容量に比例するようになっている。前記静電容量の変化を与える因子は、静電容量型プローブ3に対峙（対面）するブレード1Aの形状及びブレード1A, 1A間距離の変化と、静電容量型プローブ3とブレード1Aのクリアランスの変化であるが、通常、動作中（回転体1の回転中）において静電容量型プローブ3に対峙するブレード1Aの形状及びブレード1A, 1A間距離は変化しないことから、静電容量は静電容量型プローブ3とブレード1Aのクリアランスの変化に応じて変化する。

【0019】図6に示す19は、オシロスコープであり、ブレード1Aの通過により変化する電圧波形や実行値電圧を表示するようにしてあり、それらの表示は非直線を描いている。

【0020】前記スピードモジュール17は、復調器16との組み合わせで使用され、復調器出力信号波形の周期を計測してスピード信号をつくるものである。予めスピードモジュール17のフロントパネル内のブレード（翼）数設定を行うだけで、前記回転体1の回転速度は、同モジュール17のフロントパネルに表示される。

【0021】前記信号処理モジュール18は、前記復調器16及びスピードモジュール17との組み合わせで使用され、復調器16からの「非直線の階段状信号」をリニア信号に変換する。リニア信号に変換された（リニアライズされた）階段状信号は、スピードモジュール17からの一回転毎の信号を使用して、回転軸1Bの回転毎の最大値と最小値と平均値を出力する。もし、外部から回転信号が得られるのであれば、それを使用することができる。又、内部タイマーを用いて設定時間内の最大値、最小値、平均値を出力することもできる。前記信号処理モジュール18のリニアライズされた信号は、電圧1ボルトが1mmに対応しており、最大値、最小値、平均値もクリアランスの物理量の単位（mm）になっている。これらのリニア信号に変換された（リニアライズされた）クリアランス値は、データ収録ソフトウェアを使用して計測値をリアルタイムで表示するパソコン20への出力信号となる。図2～図5の静電容量型プローブに備えさせたフランジ部8F又は10Fの位置は図に示す位置以外であってもよい。又、前記フランジ部8F又は10Fを介して静電容量型プローブをケーシング2に取り付けるように構成したが、フランジ部8F又は10Fを省略し、静電容量型プローブの外周面にケーシング2の貫通孔2Kに形成した雌ねじ部に螺合する雄ねじ部を形成して、静電容量型プローブを貫通孔2Kにねじ込んで取り付けるようにしてもよい。

【0022】

【発明の効果】請求項1によれば、絶縁層を加熱手段により加熱することによって、絶縁層に侵入しようとする湿気が絶縁層に入り込むこと、又は、絶縁層に入り込んだとしても、直ちにその湿気を除去させることができ、

絶縁抵抗が湿気により低下することを確実に回避することができるから、湿気による影響のない安定した計測を行える静電容量型プローブを提供することができる。

【0023】請求項2によれば、加熱手段を、外筒の外面に巻き付けたヒータ線で構成することによって、既存の静電容量型プローブに何ら改良を加えることなく、ヒータ線を装着することができる。又、ヒータ線を装着しても、計測に何ら影響を与えることがない。

【0024】請求項3によれば、静電容量型プローブを10流体が通過するケーシングの壁面に設け、ヒータ線を外筒の外面のうちのケーシングの外方側の一部分に一部分にのみ巻き付けても、巻数を増やす等の変更を行うことによって、ケーシングの外方側の全体にヒータ線を巻き付けた場合と同程度の加熱効果を上げることができ、設計の自由度を拡大することができる。

【0025】請求項4によれば、ヒータ線とこのヒータ線を収容する別体で構成された支持部材と加熱手段を構成することによって、支持部材を介して静電容量型プローブにヒータ線を装着することができるから、ヒータ線の交換を行う場合に、支持部材を静電容量型プローブに對して着脱するだけで済み、ヒータ線交換の際の操作性の向上を飛躍的に高めることができる。

【0026】請求項5によれば、回転体の非回転時に加熱手段を作動状態とし、回転体の回転開始から設定時間経過後に加熱手段を作動状態から非作動状態に切り替える切り替え手段を設けることによって、常に加熱手段を作動状態にしておくものに比べてランニングコストの低減化及び加熱手段の長寿命化を図ることができ、使用面において有利な静電容量型プローブとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ケーシングの壁面と回転体のクリアランスを計測するための静電容量型プローブの複数個をケーシングに取り付けた縦断正面図である。

【図2】静電容量型プローブの取付部の構造を示す断面図である。

【図3】別の静電容量型プローブの取付部の構造を示す断面図である。

【図4】別の静電容量型プローブの取付部の構造を示す断面図である。

【図5】別の静電容量型プローブの取付部の構造を示す断面図である。

【図6】静電容量方式クリアランス測定システムを示すブロック図である。

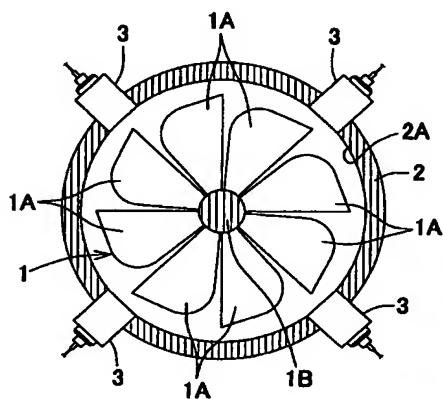
【図7】従来の静電容量型プローブを示す断面図である。

【符号の説明】

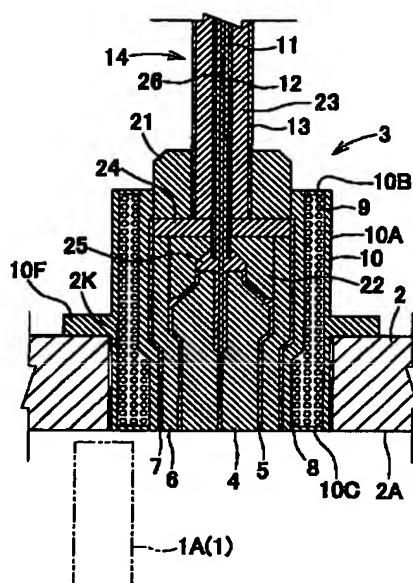
1 回転体	1A ブレード
1B 回転軸	2 ケーシング
2A 壁面	2K 貫通孔

3 静電容量型プローブ	14 3重同軸ケーブル	15 発信器
4 電極	16 復調器	17 スピードモジュール
6 ガード部材	18 信号処理モジュール	
8 外筒	19 オシロスコープ	20 パソコン
9 ヒータ線	21 リング部材	22 連結部材
10A 筒部	23~26 絶縁層	27 支持部材
10F フランジ部	27A 水平部	27B 筒部
12 信号線	27C 支持部本体	27D 円筒状部
13 アース線		

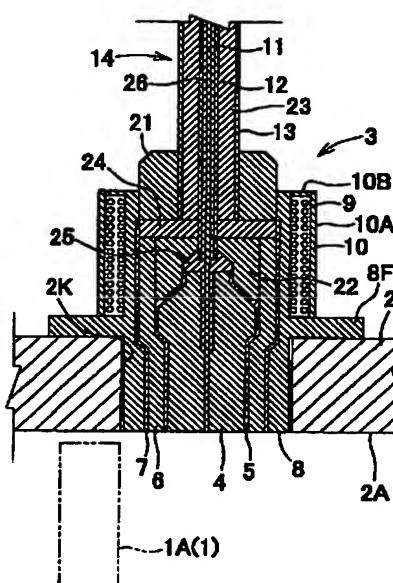
【図1】



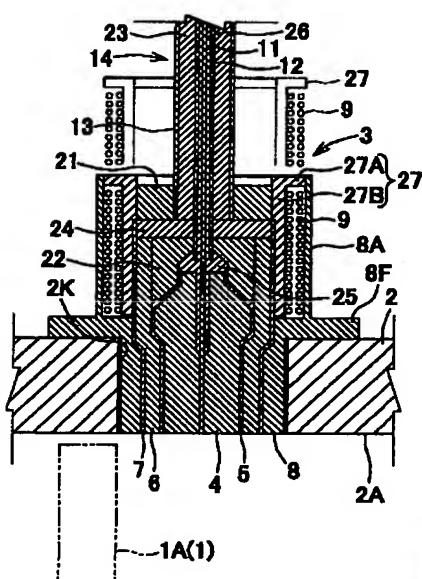
【図2】



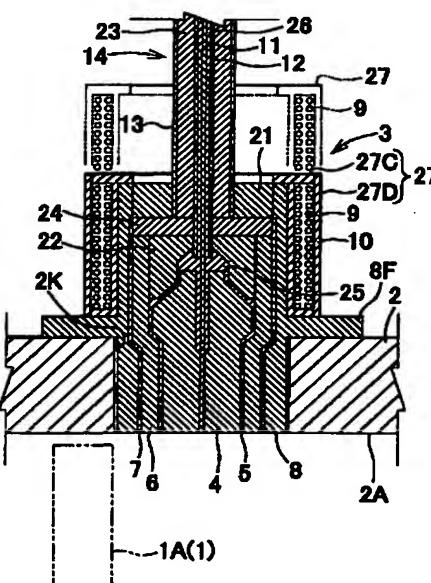
【図3】



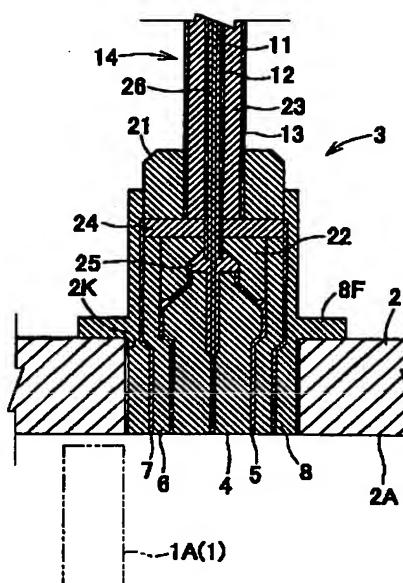
【図4】



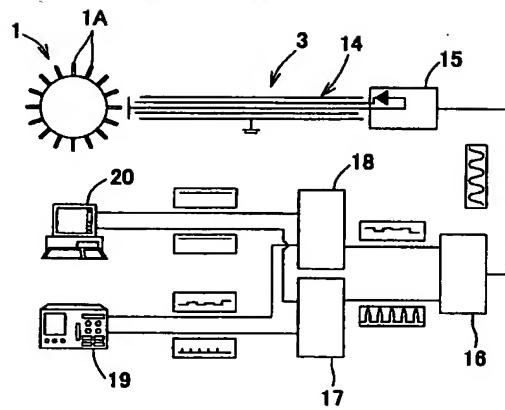
【図5】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 マーク リデル
英国 エヌイー38 9イーユー、タイン
アンド ウェア、ワシントン、4セッテ
ィング ストーンズ

Fターム(参考) 2F063 AA23 BA04 BC05 BD16 CA31
CB03 DA05 DB01 DB07 DD02
DD03 DD04 DD06 HA04 HA09
HA20 PA01 PA03 ZA01